

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 60-178677

(43)Date of publication of application : 12.09.1985

(51)Int.CI. H01L 41/08  
H02N 2/00

(21)Application number : 59-034044 (71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

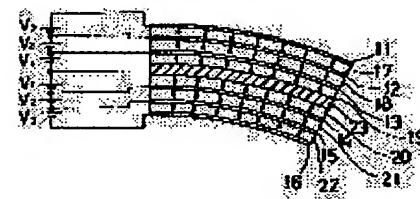
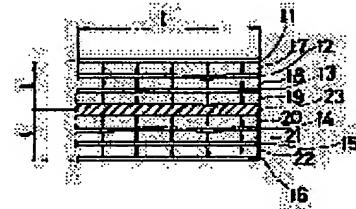
(22)Date of filing : 24.02.1984 (72)Inventor : HARA SHINJI  
YOSHIZAWA TAKASHI  
HOSAKA HIROSHI  
TAMARU NAOYUKI

## (54) BENDING TYPE PIEZOELECTRIC ACTUATOR

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To contrive the improvement in reliability by reduction in shearing strain between piezoelectric elements and in breakdown of an adhesive layer by a method wherein the titled device is so constructed that a voltage nearly proportional to the distance from the center of thickness of the main body of piezoelectric actuator to the center of thickness of each piezoelectric element may be impressed on each piezoelectric element.

**CONSTITUTION:** The main body of bending type actuator is constructed by adhering plateform piezoelectric elements 17□22 of the same piezoelectric constant and thickness expanding and contracting according to impressed voltage via conductive adhesive in such a manner that electrodes 11□16, 23 are positioned on both surfaces of each piezoelectric element. A conductive shim should serve as the electrode 23. The direction of polarization (arrow) of the piezoelectric elements 17□19 on one side of this shim 23 and the direction of polarization (arrow) of the piezoelectric elements 20□22 on the other side are both toward the shim 23. A voltage of strength nearly proportional to the distance from the center of thickness of the main body of piezoelectric actuator to the center of thickness of each piezoelectric element 17□22 is impressed on said element 17□22 of the main body of bending type piezoelectric actuator thus constructed.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

[application converted registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number]  
[Date of registration]  
[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## ⑫ 公開特許公報 (A) 昭60-178677

⑬ Int.Cl.  
H 01 L 41/08  
H 02 N 2/00識別記号 記号  
C-7131-5F  
8325-5H

⑭ 公開 昭和60年(1985)9月12日

審査請求 有 発明の数 3 (全6頁)

⑮ 発明の名称 屈曲形圧電アクチュエータ

⑯ 特願 昭59-34044

⑰ 出願 昭59(1984)2月24日

⑱ 発明者 原臣司 武藏野市緑町3丁目9番11号 日本電信電話公社武藏野電気通信研究所内

⑲ 発明者 吉澤高志 武藏野市緑町3丁目9番11号 日本電信電話公社武藏野電気通信研究所内

⑳ 発明者 保坂寛 武藏野市緑町3丁目9番11号 日本電信電話公社武藏野電気通信研究所内

㉑ 発明者 田丸直幸 武藏野市緑町3丁目9番11号 日本電信電話公社武藏野電気通信研究所内

㉒ 出願人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

㉓ 代理人 弁理士 吉田精孝

## 明細書

## 1. 発明の名称

屈曲形圧電アクチュエータ

## 2. 特許請求の範囲

(1) 印加電圧に応じて伸縮する圧電定数及び厚みの等しい4枚以上の板状圧電素子を、各圧電素子の両面に電極が位置する如く貼り合せて屈曲形圧電アクチュエータ本体を形成し、前記各圧電素子に前記圧電アクチュエータ本体の厚さ中心から各圧電素子の厚さ中心までの距離に比例した電圧が印加される如く構成したことを特徴とする屈曲形圧電アクチュエータ。

(2) 印加電圧に応じて伸縮する圧電定数の等しい4枚以上の板状圧電素子を、各圧電素子の両面に電極が位置する如く貼り合せて屈曲形圧電アクチュエータ本体を形成し、前記各圧電素子の厚さを該圧電素子の厚さ中心から前記圧電アクチュエータ本体の厚さ中心までの距離に逆比例した値に設定し、各圧電素子に

一定の電圧が印加される如く構成したことを特徴とする屈曲形圧電アクチュエータ。

(3) 印加電圧に応じて伸縮する厚さの等しい4枚以上の板状圧電素子を、各圧電素子の両面に電極が位置する如く貼り合せて屈曲形圧電アクチュエータ本体を形成し、前記各圧電素子の圧電定数を該圧電素子の厚さ中心から前記圧電アクチュエータの厚さ中心までの距離に比例した値に設定し、各圧電素子に一定の電圧が印加される如く構成したことを特徴とする屈曲形圧電アクチュエータ。

## 3. 発明の詳細を説明

## (技術分野)

本発明は図1のような板状圧電素子を貼り合わせてなる屈曲形圧電アクチュエータに関する。

## (従来技術)

従来のこの種屈曲形圧電アクチュエータの原理的な構成を第1図に示す。屈曲形圧電アクチュエータ本体は両面に電極2, 3および5, 6

がシルク印刷焼付によつて接着やされた板状の圧電素子1および4からなる。そして、これらの圧電素子1, 4は各々の分極方向が第1図に於いて矢印で示すように互いに逆方向になるようにしてシム8をはさんで接着によつて接合され、電極3, 5がシム8にそれぞれ接触している。なお、このシム8は圧電素子1, 4の補強を目的とするもので、リン青銅、チタン合金等からなつている。

このよう屈曲形圧電アクチュエータに第2図に示すように電圧をかけると、圧電素子1に対しても電極2から電極3の方向の電界がかけられるので、圧電効果により、圧電素子1は第2図において太い矢印で示すように伸びる方向に変形する。また、他方の圧電素子1に対しては、電極5から電極6の方向に電界がかけられるので、この圧電素子4は縮む方向に変形する。この結果、屈曲形圧電アクチュエータには第2図に示すような曲げ変形が生じる。また、屈曲形圧電アクチュエータの自由端の変位距離りは、

圧電素子1, 4に加えられる電界の大きさに応じて増減する。なお、電界の方向を逆にすれば、変位の方向も逆になる。

次に、このような屈曲形圧電アクチュエータを構成する圧電素子内部の応力について説明する。第3図は、曲げ変形した圧電素子内部に生じる歪関係を示す図である。破顔は、二つの圧電素子1, 4が自由に伸び縮みできる状態にあるときの歪を表している。実際には二つの圧電素子1, 4は貼り合わせてあるので、実際のように変形し、最大 $\delta$ に相当する歪が発生する。すなわち、圧電素子1の領域Iは、もつと大きな歪を必要とする領域で引張応力が発生しており、一方領域IIは、必要以上に大きさ歪を発生させようとしている領域で、逆に圧縮応力が発生している。曲げ変形の曲率と発生する歪 $\epsilon$ の最大値との関係は、板材の全厚さを $t$ 、曲げの曲率半径を $r$ とすると、

$$\epsilon = \frac{1}{r}$$

である。すなわち、歪は厚さに比例して増大し、

この歪エネルギーは、屈曲形圧電アクチュエータの電圧印加に伴い発生する曲げ変形のエネルギーを消費する無効なエネルギーである。また、歪が大きくなると、シム8と電極3, 5との接着層に大きな剪断力が働き、このために長期間使用すると、接着層の破壊が進み、アクチュエータの機能が低下したり、最悪の場合には使用不可能となる。

従来のこの種圧電素子には以上述べたような実用上極めて不都合な欠点があつた。

#### (発明の目的)

本発明の目的は上記の如き欠点に鑑み、曲げ変形のエネルギーを消費する無効なエネルギーの発生を防止でき、しかも耐久性の優れた屈曲形圧電アクチュエータを提供することにある。

#### (発明の構成)

前述した目的を達成するため、前1の発明は印加電圧に応じて伸縮する圧電定数及び厚みの等しい4枚以上の板状圧電素子を、各圧電素子の両面に電極が位置する如く貼り合せて屈曲形

圧電アクチュエータ本体を形成し、前記各圧電素子に前記圧電アクチュエータ本体の厚さ中心から各圧電素子の厚さ中心までの距離に逆比例した電圧が印加される如く構成したことを特徴とし、第2の発明は印加電圧に応じて伸縮する圧電定数の等しい4枚以上の板状圧電素子を、各圧電素子の両面に電極が位置する如く貼り合せて屈曲形圧電アクチュエータ本体を形成し、前記各圧電素子の厚さを該圧電素子の厚さ中心から前記圧電アクチュエータ本体の厚さ中心までの距離に逆比例した値に設定し、各圧電素子に一定の電圧が印加される如く構成したことを特徴とし、第3の発明は印加電圧に応じて伸縮する厚さの等しい4枚以上の板状圧電素子を、各圧電素子の両面に電極が位置する如く貼り合せて屈曲形圧電アクチュエータ本体を形成し、前記各圧電素子の圧電定数を該圧電素子の厚さ中心から前記圧電アクチュエータの厚さ中心までの距離に比例した値に設定し、各圧電素子に一定の電圧が印加される如く構成したことを特

微とする。

(実施例)

第4図及び第5図は第1の実施例を示すもので、屈曲形アクチュエータ本体は、印加電圧に応じて伸縮する圧電定数及び厚みの等しい板状圧電素子17～22を、各圧電素子の両面に電極11～16, 23が位置する如く導電性接着剤を介して貼り合せてなる。電極23は導電性のシムにて兼用するものとする。また、このシム23の片面側の圧電素子17～19の分極方向(矢印)と他面側の圧電素子20～22の分極方向(矢印)とが互いにシム23の方向に向く如くなっている。

このように構成された屈曲形圧電アクチュエータ本体の各圧電素子に第5図に示すような電圧をかける。すなわち、各圧電素子17～22には圧電アクチュエータ本体の厚さ中心から各圧電素子17～22の厚さ中心までの距離にほぼ比例した大きさの電圧( $V_1 : V_2 : V_3 = 1 : 2 : 3$ )を加える。

生ずるよう印加電圧を御御した場合、内部の歪エネルギーは、 $U = \frac{4E_1^3}{3L^2} \cdot \frac{h^2}{m^2 - 1}$  ただし、 $L$ ：アクチュエータの長さ、 $E$ ：圧電材ヤング率、 $h$ ：圧電素子部材の厚さ、 $m$ ：先端のたわみ(第4図参照)で与えられる。

第7図は $m$ 一定のときの内部の歪エネルギーを表しているもので、横軸は分割数 $m$ を縦軸は第3図の従来例を1としたときの歪エネルギーを示す。第7図より分割数 $m$ を増すにつれ、内部の歪エネルギーが減少する。例えば第1図に示した従来例と本発明による第5図の実施例とでは内部の歪エネルギーが約1/13に減少している。圧電素子の伸びが中心からの距離に完全に比例しているような屈曲形圧電アクチュエータでは歪エネルギーが零となり、理想的なアクチュエータが実現できる。すなわち分割数 $m$ を限りなく大きくすれば圧電素子間の歪は限り無く零に近づき、従来例で示したような接着剤の破壊の問題を解決できる。

第8図は本発明の他の実施例を示すもので、

ところで、圧電効果による伸びあるいは縮み変形は、圧電定数と電界強度に比例するので、圧電素子17, 18, 19は電界強度の比3:2:1に比例して伸び、圧電素子22, 21, 20は3:2:1の割合で縮む。

このようになつてるので、圧電素子の内部の歪状態は次のように改善される。第6図は本発明による屈曲形圧電アクチュエータが曲げ変形した場合に圧電素子内部に生じる歪関係を示す図である。破線は圧電素子が自由に伸び縮みできる状態にあるときの変形を表し、実線は実際の変形を表している。従つて、各圧電素子には斜線で示す歪が発生する。しかし、この歪は、屈曲形圧電アクチュエータの全体の厚さを第3図の屈曲形圧電アクチュエータと等しくした場合には、圧電素子の厚さは1/3に減少しているので、発生する歪も1/3に減少している。即ち曲げ変形に伴う反発力は1/3に減少する。

ところで、圧電素子部材を $m$ 分割(片側素子数 $m/2$ )し、中心からの距離に比例した伸びが

屈曲形アクチュエータ本体は、印加電圧に応じて伸縮する圧電定数の等しい板状圧電素子17'～22'を、各圧電素子の両面に電極11'～16', 23'が位置する如く導電性接着剤を介して貼り合せてなる。電極23'は導電性のシムにて兼用するものとする。この実施例において、各圧電素子17'～22'はその厚さ117'～122'が屈曲形アクチュエータ本体の厚さ中心からの距離 $L_1-L_2$ に逆比例して遙くなっている。すなわち、この関係式を示すと次のとおりである。

$$119' : 118' : 117' = \frac{1}{L_1} : \frac{1}{L_2} : \frac{1}{L_3}$$

$$120' : 121' : 122' = \frac{1}{L_1} : \frac{1}{L_2} : \frac{1}{L_3}$$

その他の構成は前記第1の実施例と同様である。

このように構成された屈曲形圧電アクチュエータ本体の各圧電素子に一定の電圧を加えると、電界強度は第6図の場合と同様にシム23'中心からの距離に比例して増加するので、その結果、圧電効果による伸びあるいは縮みも同様にシム23'中心からの距離に比例して増加することに

なり、第7図に示すと同様の効果が得られる。

第9図は本発明の他の実施例を示すものである。この実施例における屈曲形圧電アクチュエータ本体は、印加電圧に応じて伸縮する厚さの等しい板状圧電素子 $1\text{7''} \sim 2\text{2''}$ を、各圧電素子の両面に電極 $1\text{1''} \sim 1\text{6''}$ ,  $2\text{3''}$ が位置する如く導電性接着剤を介して貼り合せてなる。電極 $2\text{3''}$ は導電性のシムにて兼用するものとする。この実施例において、各圧電素子 $1\text{7''} \sim 2\text{2''}$ の各圧電定数 $d_{17''} \sim d_{22''}$ は、シム $2\text{3''}$ の中心からの距離に比例して増加する如くなっている。この関係式を示すと次のとおりである。

$$d_{17''} : d_{18''} : d_{19''} = d_{22''} : d_{21''} : d_{20''} = 3 : 2 : 1$$

このように構成された屈曲形圧電アクチュエータ本体の各圧電素子に一定の電圧を加えると、電界強度は一定に保たれるが、各圧電素子の伸び／縮みは圧電定数に比例するので、この場合も第7図に示すと同様の効果が得られる。

#### (発明の効果)

以上説明した如く本発明によれば、従来の2

枚の圧電素子からなる屈曲形圧電アクチュエータに比べ、圧電素子間の剪断歪が小さく、接着層の破壊が減少し、信頼性の高い屈曲形圧電アクチュエータが得られる。また内部の歪エネルギーが小さいことは、屈曲形圧電アクチュエータの駆動電源のパワーもそれだけ少なくて済み、実用上の効果は大きい。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は従来の屈曲形圧電アクチュエータの断面図、第2図は従来の屈曲形圧電アクチュエータに電圧を印加した場合の断面図、第3図は従来の屈曲形圧電アクチュエータの圧電素子内部の歪の説明図、第4図は本発明による屈曲形圧電アクチュエータの断面図、第5図は本発明による屈曲形圧電アクチュエータへの印加電圧説明図、第6図は本発明による屈曲形圧電アクチュエータの圧電素子内部の歪の説明図、第7図は歪エネルギーと圧電素子分割数との関係を示すグラフ、第8図は本発明による屈曲形圧電アクチュエータの他の実施例の断面図、第9図

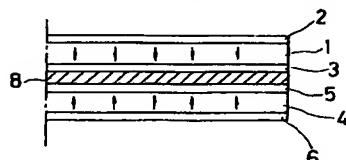
は本発明による屈曲形圧電アクチュエータの他の実施例の断面図である。

$1\text{7''} \sim 2\text{2''}$ ,  $1\text{7''} \sim 2\text{2''}$ ,  $1\text{7''} \sim 2\text{2''}$ …圧電素子,  $1\text{1''} \sim 1\text{6''}$ ,  $1\text{1''} \sim 1\text{6''}$ ,  $1\text{1''} \sim 1\text{6''}$ …電極,  $2\text{3''}$ ,  $2\text{3''}$ ,  $2\text{3''}$ …シム(電極兼用)

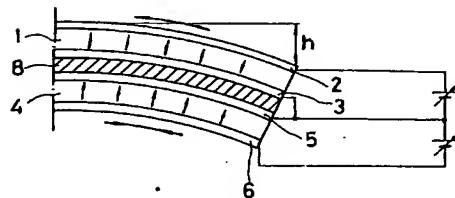
特許出願人 日本電信電話公社

代理人弁理士 吉田精孝

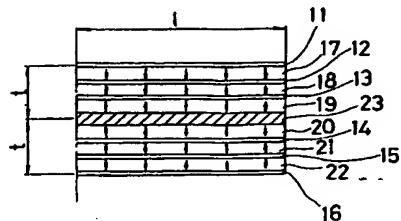
第1図



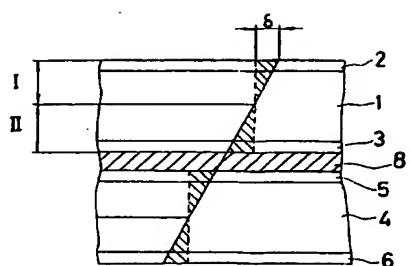
第2図



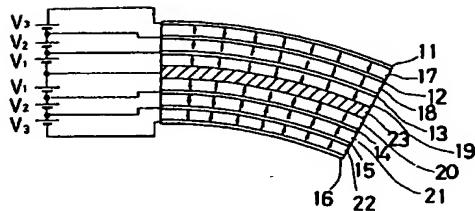
第4図



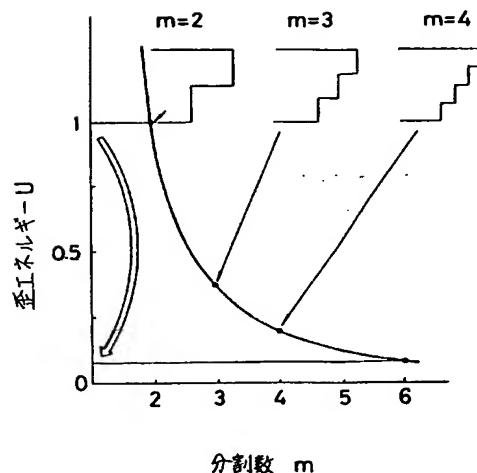
第3図



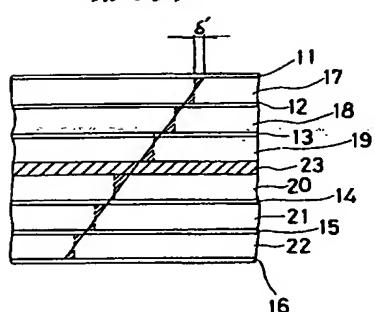
第5図



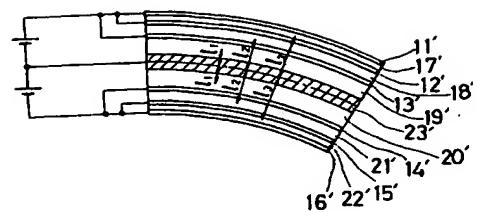
第7図



第6図



第8図



第9図

